

No English title available.

Patent Number: DE19816568
Publication date: 1999-11-04
Inventor(s): DUKART ANTON (DE)
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Requested Patent: ☐ DE19816568
Application Number: DE19981016568 19980415
Priority Number(s): DE19981016568 19980415
IPC Classification: G01L3/10; G01B7/30; G01D5/20; B62D1/16
EC Classification: G01D5/14B1, G01L3/10A
Equivalents: ☐ WO9953284

Abstract

The invention relates to a sensor device for detecting a torque and/or an angle of rotation at the level of a shaft (1), especially for measuring torsion. Said device comprises torsion elements with ferromagnetic flux guiding pieces (3, 5) which are positioned in proximity to a magnet (4). The flux guiding pieces (3, 5) in the direction of an air gap (6) have a sawtooth-like or other periodic outline on their circumference. At least one fixed sensor (8, 9) which is sensitive to magnetic fields is able to detect the magnetic flux (10, 11) modulated by a rotation and/or torsion of the shaft (1).

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 16 568 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 L 3/10
G 01 B 7/30
G 01 D 5/20
B 62 D 1/16

②① Aktenzeichen: 198 16 568.4
②② Anmeldetag: 15. 4. 98
②③ Offenlegungstag: 4. 11. 99

DE 198 16 568 A 1

⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Dukart, Anton, 76744 Wörth, DE

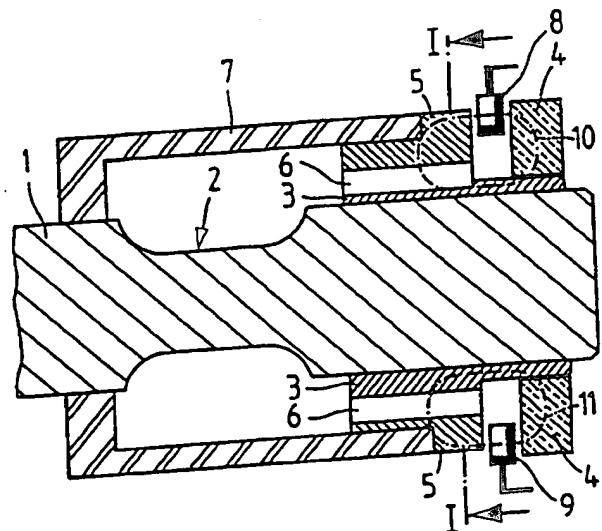
⑤⑤ Entgegenhaltungen:
DE 40 38 413 A1
DE 38 16 234 A1
GB 20 50 623 A
US 55 01 110 A
US 49 84 474 A
US 57 05 750
US 47 84 002
US 47 24 710
US 24 61 685
JP 58-1 67 934 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Sensoranordnung zur Erfassung eines Drehmoments und/oder eines Drehwinkels

⑤⑦ Es wird eine Sensoranordnung zur Erfassung eines Drehmoments und/oder eines Drehwinkels an einer Welle (1), insbesondere zur Torsionsmessung, vorgeschlagen, die Torsionselemente mit ferromagnetischen Flußleitstücken (3, 5) aufweist, welche einem Magneten (4) benachbart angebracht sind. Die Flußleitstücke (3, 5) haben zu einem Luftspalt (6) hin eine auf dem Umkreis sägezahnähnliche oder sonstige periodische Kontur. Mit mindestens einem ortsfesten magnetfeldempfindlichen Sensor (8, 9) ist der durch eine Drehung und/oder Torsion der Welle (1) modulierte magnetische Fluß (10, 11) detektierbar.



DE 198 16 568 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung zur Erfassung eines Drehmoments und/oder eines Drehwinkels zwischen zwei im wesentlichen gleich rotierenden Teilen bei der Torsionsmessung an Wellen, nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Es ist bereits aus der US-PS 5,501,110 eine Sensoranordnung bekannt, bei der das auf eine Achse übertragene Drehmoment erfasst werden soll. Das Drehmoment wird aus der Torsion bzw. dem Drehwinkelversatz der Achsenden und einer Elastizitäts-Konstante, die vom Material und der Geometrie der Achse abhängt, bestimmt. Es sind hierbei zwei Magnete und jeweils ein den Magneten gegenüberliegender Hall-Sensor auf zwei sich jeweils mit der Achse drehenden Scheiben angebracht, die an die Achsenden mechanisch fest angekoppelt sind.

Beispielsweise zur Erfassung des auf eine Lenkradachse eines Kraftfahrzeuges wirkenden Drehmomentes während der Drehung des Lenkrades müssen sehr kleine Winkeländerungen in beiden Drehrichtungen des Lenkrades gemessen werden. Bei der Auswertung der Feldänderungen des von den Magneten ausgehenden Feldes ist daher eine äußerst empfindliche und auch temperaturstabile Messanordnung erforderlich.

Das Drehmoment in der rotierenden Lenkradspindel ist eine Schlüsselgröße für viele Regelungs- und Steuerungsaufgaben im Kraftfahrzeug. Beispielsweise in Fahrzeugsystemen wie bei der elektromotorischen Servolenkung, der sog. Adaptive Cruise Control und der Fahrdynamikregelung ist die Erfassung der beiden Größen des absoluten Lenkraddrehwinkels und des Drehmoments an der Lenkspindel oft notwendig.

Das Drehmoment kann im Prinzip auf verschiedene, für sich gesehen bekannte, Arten erfasst werden. Die mechanische Spannung im tordierten Material ist zunächst die direkte Messgröße für das Drehmoment, die Dehnung oder die Stauchung. Diese mechanische Spannung kann zum Beispiel mit Dehnmessstreifen, die in gewünschter Richtung aufgebracht sind, gemessen werden. Es besteht allerdings bei rotierenden Wellen das Problem der Signalübertragung, das zwar je nach Anwendung mit einem Drehübertrager oder mit Schleifringen gelöst werden kann, sehr jedoch kostenintensiv und störanfällig ist.

Mechanische Spannungen lassen sich, auch in an sich bekannter Weise, mit magnetoelastischen Materialien berührungslos erfassen. Eine dauerhafte Verbindungstechnik zwischen magnetoelastischen Folien und der Torsionswelle ist jedoch außerordentlich schwierig herzustellen. Es gibt weiterhin verschiedene Methoden einen Messwinkel durch den Drehwinkelversatz zwischen verschiedenen Enden der Welle zu erfassen. Dieser Messwinkel kann beispielsweise durch Verfahren auf optischer oder Wirbelstrombasis erfasst werden. Die optischen Verfahren haben meistens den Nachteil, daß sie inkremental den Winkel erfassen und aus der Differenz der Triggerzeitpunkte, also nur dynamisch, den Winkel und somit das Drehmoment ermitteln.

Vorteile der Erfindung

Bei einer Weiterbildung einer Sensoranordnung zur Erfassung eines Drehwinkels und/oder Drehwinkelversatzes an einer Welle zur Torsionsmessung, nach der gattungsgemäßen Art kann gemäß der Erfindung in vorteilhafter Weise ein berührungsloses, statisches Messprinzip für zwei wichtige Messgrößen, wie den inkrementalen Drehwinkel als

auch das statische und dynamische Drehmoment an einer rotierenden Welle, geschaffen werden.

Gelöst wird dies erfindungsgemäß damit, dass ein Torsionselement aus einem ringförmigen ferromagnetischen Flussleitstück besteht, das auf der Welle einem ebenfalls ringförmig auf dem Umfang der Welle befindlichen Permanentmagneten benachbart angebracht ist. Das andere Torsionselement ist am anderen Ende einer Torsionswelle befestigt und weist ein ferromagnetisches Flussleitstück auf, welches das eine Flussleitstück auf der Welle ringförmig mit einem Luftspalt umschließt. Die Torsionswelle kann auf einfache Weise in einem vorgegebenen Bereich zur Vergrößerung des Messeffekts eine Durchmesserverjüngung aufweisen, wodurch eine mechanisch bestimmbare Feder gebildet wird.

Die beiden Flussleitstücke haben zum Luftspalt hin ein auf dem Umkreis sägezahnähnliches Profil, oder eine sonstige periodisch verlaufende Kontur, die im wesentlichen miteinander korrespondieren. Der resultierende Luftspalt, bzw. der magnetische Fluss weist in Abhängigkeit vom Drehwinkel hier ebenfalls eine periodisch auf dem Umfang schwankende Größe auf.

Mit mindestens einem ortsfesten, beispielsweise am Chassis eines Fahrzeugs angebrachten magnetfeldempfindlichen Sensor, insbesondere mit einem Hall-Element, ist auf einfache Weise dieser magnetische Fluss detektierbar, der vom radial polarisierten Magneten über die Flussleitstücke und den jeweils anliegenden Luftspalt fließt. Bei einer Torsion der Welle verschieben sich beispielsweise die Zahnrad- der gegeneinander und bewirken eine weitere Flussmodulation.

Mit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung kann ein Vorrichtung mit geringer Baugröße hergestellt werden, die allen notwendigen Anforderungen an die Art der Messgrößen und an die Güte der Messgrößen erfüllt. Insbesondere kann auch eine vorzeichenrichtige Drehmomentmessung durchgeführt werden. Das Drehmoment ist dabei universell durch den Querschnittsdurchmesser der Anordnung an verschiedene Messbereiche anpassbar.

Das drehmomentproportionale Magnetfeld wird erfindungsgemäß berührungslos im Luftspalt abgegriffen, wodurch auch eine gute Nullpunktstabilität gewährleistet ist. Das Drehmoment auf der Welle erzeugt hier eine starke Flussmodulation, die leicht auswertbar ist. Der magnetfeldempfindliche Sensor ist aufgrund der geringen Baugröße mit einer Auswertelektronik voll integrierbar, wodurch eine einfache Zuleitung und kompakte Bauweise möglich wird.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind zwei magnetfeldempfindliche Sensoren diagonal gegenüberliegend angeordnet. Die sägezahnähnliche, oder sonstige periodische Kontur des jeweiligen Flussleitstücks ist so ausgebildet, dass sich an den beiden magnetfeldempfindlichen Sensoren bei einer Drehung der Welle die Kontur des Luftspalts gegenphasig verändert. Durch die radial gegenüberliegenden Sensoren ist somit eine redundante Messung möglich.

Bei der Rotation der Welle um den Winkel α wird somit der magnetische Fluss ebenfalls geringfügig durch die Zahnradflussführung moduliert. Beide Sensoren können allerdings so angebracht werden, dass die α -Modulation, wie zuvor erwähnt, gegenphasig erfolgt. Mit dieser Messmethode kann einerseits diese Modulation in der Summe für die Drehmomentbestimmung eliminiert werden, andererseits für die inkrementale Drehwinkelbestimmung sogar redundant benutzt werden.

In vorteilhafter Weise kann die Messung dadurch verbessert werden, dass die sägezahnförmige, oder sonstige periodische Kontur so ausgebildet ist, dass an einer oder an zwei

sich gegenüberliegenden Stellen eine Störung der periodischen Struktur angebracht ist, womit eine Indexmarke für die Positionsbestimmung an der Kontur, bzw. für die Stellung der Welle gesetzt.

Ein vorteilhafter Aufbau ergibt sich insbesondere, wenn das andere Torsionselement im Bereich zwischen dem zweiten Flussleitstück und der Befestigung am anderen Ende der Torsionswelle aus einem nicht ferromagnetischen Material besteht.

Bei einer vorteilhaften Anwendung ist die Sensoranordnung als Reluktanz-, Drehmoment- und Drehzahlsensor an einer Lenkspindel in einem Kraftfahrzeug eingesetzt. Durch die Erfassung der beiden wichtigen Größen, wie den Lenkwinkel und das Drehmoments, das auf die Lenkspindel wirkt, kann in vielen Fahrzeugsystemen bzw. Fahrzeugsystemen wie bei der elektromotorischen Servolenkung, der sog. Adaptive Cruise Control und der Fahrdynamikregelung eine hervorragende Messwerterfassung und -verarbeitung durchgeführt werden.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipschnittansicht eines Ausschnitts einer rotierenden Welle mit einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung an einer Torsionswelle;

Fig. 2 einen Schnitt I-I durch die Anordnung nach Fig. 1;

Fig. 3 ein Diagramm mit den Verläufen der Ausgangsspannungen zweier Hall-Elemente der Sensoranordnung bei zwei Drehmomenten und

Fig. 4 ein Diagramm mit dem resultierenden Messergebnis für die Drehmomentenmessung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist eine Lenkspindel eines Kraftfahrzeugs als rotierende Welle 1 gezeigt, bei der ein verjüngter Bereich als Torsionswelle 2 ausgebildet ist. Auf der Welle 1 sind die Bestandteile der erfindungsgemäßen Sensoranordnung angebracht, insbesondere ist hier ein erstes Flussleitstück 3 aus ferromagnetischem Material und ein ringförmiger, radial polarisierter Permanentmagnet 4 angeordnet. Ein anderes Flussleitstück 5 aus ferromagnetischem Material ist ringförmig um das erste Flussleitstück 3 mit einem Luftspalt 6 angebracht. Das andere Flussleitstück 5 ist mechanisch am anderen Ende der Torsionswelle 2 über ein nicht ferromagnetisches Zwischenstück 7 befestigt.

Zwischen dem Permanentmagneten 4 und insbesondere dem anderen Flussleitstück 5 befinden sich jeweils radial gegenüberliegend ein Hall-Sensor 8 und ein Hall-Sensor 9 als magnetfeldempfindliche Sensoren. Magnetische Flusslinien 10 und 11 des Permanentmagneten 4 durchfließen hierbei das erste Flussleitstück 3, den Luftspalt 6, das andere Flussleitstück 5 und den jeweiligen Hall-Sensor 8 und 9.

Aus Fig. 2 ist die Anordnung nach der Fig. 1 im Schnitt I-I gezeigt, bei der die übereinstimmenden Teile mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen sind. Hier sind die beispielsweise sägezahnförmigen Umfangskonturen der

Flussleitstücke 3 und 5 an ihrem gemeinsam gebildeten Luftspalt 6 deutlich zu erkennen. Bei einer Rotation der Welle 1 um den Winkel α wird der magnetische Fluss in den Hall-Sensoren 8 und 9 durch die sich im wesentlichen periodisch ändernde Zahnradflussführung moduliert, wobei die Hall-Sensoren 8 und 9 allerdings so angeordnet sind, dass die α -Modulation gegenphasig erfolgt. Die inkrementale Bestimmung des Winkels α kann dabei mit jedem Hall-Sensor 8 oder 9 einzeln und somit redundant erfolgen.

Dadurch, dass das andere Flussleitstück 5 über ein Zwischenstück 7 am gegenüberliegenden Ende der Torsionswelle 2 befestigt ist, verschieben sich unter einer Torsion der Welle 1 die Zahnräder der Flussleitstücke 3 und 5 gegeneinander um den Winkel Φ und bewirken eine relativ starke Flussmodulation in den radial gegenüberliegenden Hall-Sensoren 8 und 9, die durch die Torsion jeweils das gleiche Änderungssignal erhalten und somit auch diesbezüglich redundant ausgeführt sind.

Im Diagramm nach Fig. 3 ist in der unteren Darstellung mit einer strichpunktierten Linie 12 die Ausgangsspannung U_1 des Hall-Sensors 8 und mit einer durchgezogenen Linie 13 die Ausgangsspannung U_2 des Hall-Sensors 9 in Abhängigkeit vom Drehwinkel α bei einem Drehmoment M_1 gezeigt. In der oberen Darstellung ist mit einer strichpunktierten Linie 14 die Ausgangsspannung U_1 des Hall-Sensors 8 und mit einer durchgezogenen Linie 15 die Ausgangsspannung U_2 des Hall-Sensors 9 in Abhängigkeit vom Drehwinkel α bei einem Drehmoment M_2 gezeigt. Da beide Ausgangsspannungen U_1 und U_2 gegenphasig verlaufen, ergibt in beiden Fällen die Summe $U_1 + U_2$ im wesentlichen eine, hier punktiert gezeichnete, Gerade.

Aus Fig. 4 ist nunmehr der Verlauf des Wertes der Summe $U_1 + U_2$ in Abhängigkeit von dem auf die Welle 1 wirkenden Drehmoment M mit den Werten für M_1 und M_2 zu entnehmen. Die Summe $U_1 + U_2$ steigt hier linear von einem Wert für M_{\min} bis M_{\max} an.

Patentansprüche

1. Sensoranordnung zur Erfassung eines Drehmomentes und/oder eines Drehwinkels an einer Welle (1), insbesondere zur Torsionsmessung, mit

- mindestens einem auf der Welle (1) fest angeordneten Magneten (4) und mindestens einem magnetfeldempfindlichen Sensor (8, 9) und mit
- im Magnetfeld des Magneten (4) angeordneten Torsionselementen (3, 5, 7), die jeweils an verschiedene Enden eines Torsionsbereichs (2) auf der Welle (1) befestigt sind, wobei ein Versatz des Drehwinkels (α) zwischen den beiden Torsionselementen (3, 5, 7) zu einem elektrischen Ausgangssignal (U_1 , U_2) des mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensors (8, 9) führt, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das eine Torsionselement aus einem ringförmigen ferromagnetischen Flussleitstück (3) besteht, das auf der Welle (1) dem ebenfalls ringförmig auf dem Umfang der Welle (1) befindlichen Magneten (4) benachbart angebracht ist, dass
- das andere Torsionselement ein ferromagnetisches Flussleitstück (5) aufweist, welches das eine Flussleitstück (3) auf der Welle (1) ringförmig mit einem Luftspalt (6) umschließt, dass
- die beiden Flussleitstücke (3, 5) zum Luftspalt (6) hin eine auf dem Umkreis sägezahnähnliche, oder sonstige periodische Kontur aufweisen, die im wesentlichen miteinander korrespondiert und dass

- mit mindestens einem ortsfesten magnetfeldempfindlichen Sensor (8, 9) der magnetische Fluss (10, 11) detektierbar ist, der vom radial polarisierten Magneten (4) über die Flussleitstücke (3, 5) und den jeweils anliegenden Luftspalt (6) 5 fließt.
- 2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - zwei magnetfeldempfindliche Sensoren (8,9) radial gegenüberliegend angeordnet sind. 10
- 3. Sensoranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die sägezahnähnliche, oder sonstige periodische Kontur des jeweiligen Flussleitstücks (3, 5) so ausgebildet ist, dass sich an den beiden magnetfeldempfindlichen Sensoren (8, 9) bei einer 15 Drehung der Welle (1) die Kontur des Luftspalts (6) gegenphasig verändert.
- 4. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 20
 - das mindestens eine Sensorelement ein Hall-Sensor (8, 9) ist.
- 5. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 25
 - die sägezahnähnliche, oder sonstige periodische Kontur so ausgebildet ist, dass an einer oder an zwei sich gegenüberliegenden Stellen eine Störung der periodischen Struktur angebracht ist, womit eine Indexmarke für die Positionsbestimmung der Welle (1) an der Kontur gesetzt ist. 30
- 6. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Torsionswelle (2) in einem vorgegebenen Bereich eine Durchmessererjüngung aufweist.
- 7. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 35
 - das andere Torsionselement im Bereich zwischen dem zweiten Flussleitstück (5) und der Befestigung am anderen Ende der Torsionswelle (2) ein Zwischenstück (7) aus einem nicht ferromagnetischen Material aufweist. 40
- 8. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Sensoranordnung als Reluktanz-, Drehmoment- und Drehzahlsensor an einer Lenkspindel 45 in einem Kraftfahrzeug eingesetzt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

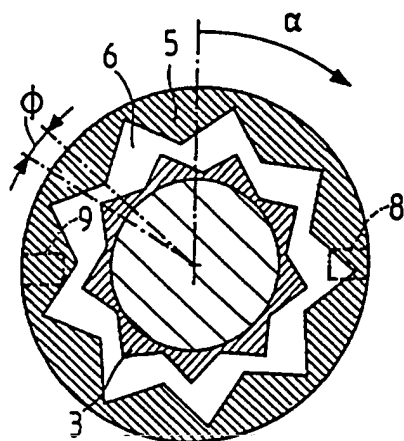


Fig. 2

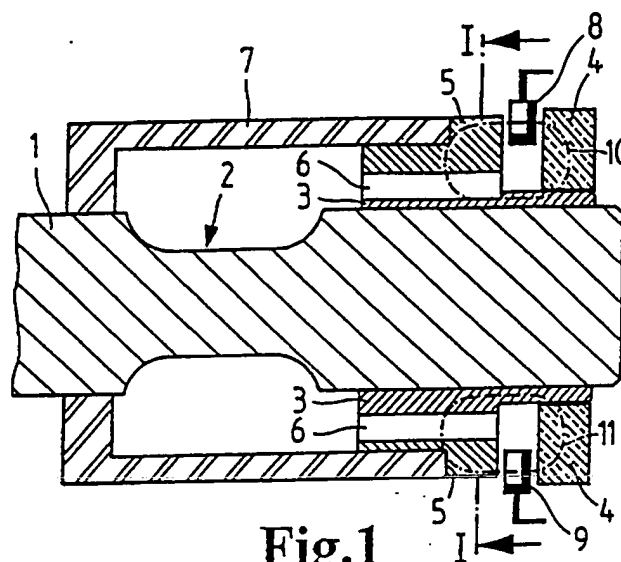


Fig. 1

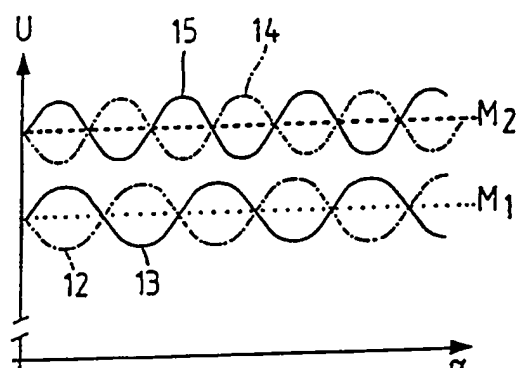


Fig. 3

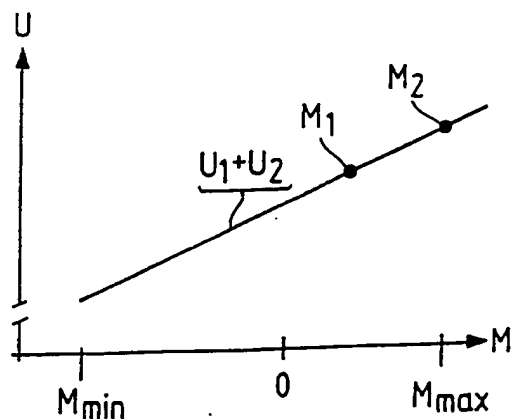


Fig. 4